

# פרויקט בעיבוד ספרתי של אותות

נושא : סינון רעש מאות קולי.

מאת:

- א. אלי לוי, ת"ז : 038088712, דוא"ל: [eli.levi.1320@gmail.com](mailto:eli.levi.1320@gmail.com)
- ב. יובל זרגרי, ת"ז : 301119962, דוא"ל : [yuvalzargari@gmail.com](mailto:yuvalzargari@gmail.com)
- ג. איתן נוסרתי, ת"ז : 200630465, דוא"ל : [nosraty4@gmail.com](mailto:nosraty4@gmail.com)

1. נשיג אות קולי במתלב ע"י הפונקציה שנבנה :

```
function [ y, fs ] = readAndSound( x )  
    [y,fs] = wavread(x);  
    sound(y,fs);  
end
```

2. נכניס רעש אקראי לקובץ ע"י :

```
function yn=add_noise(y,Fs)  
    n=[0:length(y)-1]';  
    r=rand();  
    rrr=2+2*rand();  
    c=cos(2*pi*440*r*n/Fs)+cos(2*pi*440*rrr*n/Fs);  
    yn=y+c/17;  
    yn=yn/max(yn);  
end
```

אנו קוראים לה מסקריפט ה main פעם אחת , ושומרים את הקובץ עם הרעש . ולאחר מכן צריך לסנן את הרעש מהקובץ שאנו שומרים עם הרעש .

```
% ----- this code call one time in the beggening -----  
% [ y , fs ] = wavread('thinking.wav');  
% sound(y,fs);  
% y_with_noise = add_noise(y,fs);  
% wavwrite(y_with_noise,fs,'thinking_with_noise.wav');  
% sound(y_with_noise,fs);  
% -----
```

3.

את ה FFT נבצע כך :

ב main נרשום :

```
% -----we start here, so i read the 2 sound
[ y_original , fs1 ] = readAndSound('thinking.wav');
[ y_noiseAdd , fs2 ] = readAndSound('thinking_with_noise.wav');

% ----- if we want to see the noise , need to do fft
[ f1,wave_fft_origin,f2,wave_fft_noise ]=FFT_for_the_2Signals_andPlot(y_original , fs1 , y_noiseAdd , fs2 );
```

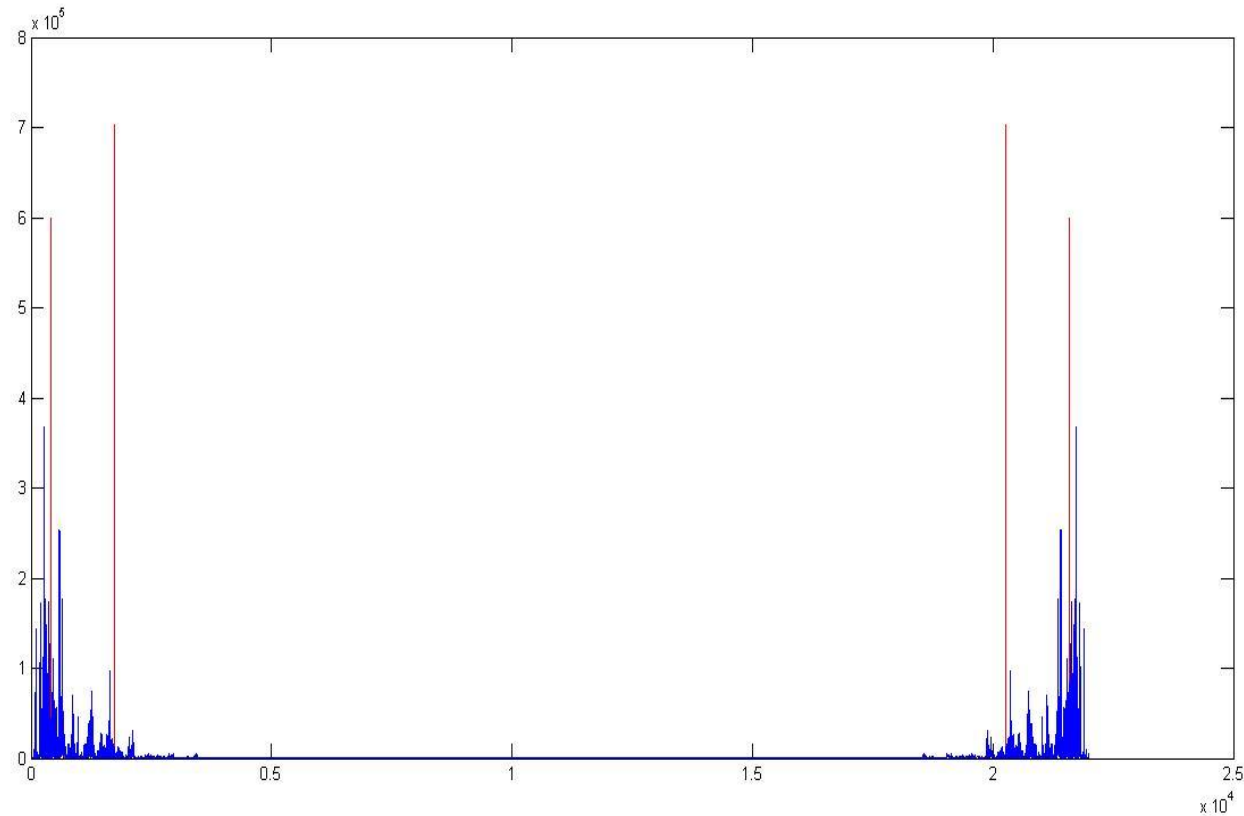
והשיטה בהתאם היא :

```
function [ f1, wave_fft_origin,f2, wave_fft_noise ] = FFT_for_the_2Signals_andPlot( y_original , fs1 , y_noiseAdd , fs2 )

n1=length(y_original)-1;
f1=0:fs1/n1:fs1;
wave_fft_origin=abs(fft(y_original)).^2;
n2=length(y_noiseAdd)-1;
f2=0:fs2/n2:fs2;
wave_fft_noise=abs(fft(y_noiseAdd)).^2;
plot (f1,wave_fft_noise,'red', f2,wave_fft_origin, 'DisplayName', 'f1,wave_fft_noise','red', f2,wave_fft_origin'); figure(gcf);

end
```

נריץ ונקבל את תדרי הרעש, שמאד בולטים:



אלו האדומים , לאחר מעבר עם הסמן של matlab, נדע את התדרים של הרעש , התדרים הם : 420Hz, 1730Hz , נעביר אותם לתדר מנורמל ע"י חילוק בתדר הדגימה, אם נרצה אותם ב rad נכפול את המנורמל בשתי פאי . בקוד אפשר לראות :

```
% ----- found the 2 max values , this is the noise
Noise1 = 420;
Noise2 = 1730;

% -----normalized noise
Fnoise1 = Noise1/fs1;
Fnoise2 = Noise2/fs2;

% -----theta normal freq..
thetaNoise1=(Fnoise1*2*pi);
thetaNoise2=(Fnoise2*2*pi);
```

( b ) אנו נשתמש כאן במסנן BSF (band-stop filter) , כלומר מסנן חוסם תדר. ונסנן את התדרים הנ"ל.

( c ) אנו נשתמש במסנן מסוג notch, המסנן הוא IIR וזה מכיוון שיש לו "זיכרון" בחישוב, כלומר ערכי המוצא שבעבר נכנסים בחישוב הערך בהווה. ולכן זאת תכונה של מסנן IIR כי אם היה רעש הוא ימשיך אותו עד אינסוף. אנו בוחרים להשתמש במסנן מהסוג הנ"ל מכיוון שהוא יותר מהיר (לא צריך לזכור המון ערכים של הכניסה), הוא זוכר תמיד רק 3 ערכים קודמים של הכניסה ו 2 הקודמים של המוצא . כאמור בסוג של המסנן הזה עלול להיות עיוות פאזה , ועל זה נפרט בשלב המסקנות .

d ( תדרי הסינון הם כפי שחישבנו לפני ב rad.

e ( סדר המסנן הוא 2 כי אפשר לראות שהוא מתייחס לשני נקודות אחורה, וגם אפשר לומר שכך אנו בוחרים בשלב התיכון האנלוגי, כלומר החזקה של Z היא לכל היותר 2.

f ( הנוסחא של המסנן מחושבת כך: נבצע תכן למסנן אנלוגי וטרנספורמציה למסנן סיפרתי. נרשום את המסנן במישור לפלס וע"י התמרה הבי לינארית אשר מוגדרת כמיפוי של משתנה התמרת לפלס S למשתנה התמרת Z, ואז נעבור למסנן סיפרתי (משוואת הפרשים, רקורסיבית במקרה הזה).

אני מצרף את הדרך בתמונה מכיוון שלא ניתן לרשום את הכל ב word בצורה מפורטת.



notch  $\Rightarrow H(s) = \frac{s^2 + \omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2}$

היציאה תהיה בי-פאזית

$$s = \frac{2}{T_s} \frac{z-1}{z+1}$$

$$H(z) = H(s) \Big|_{s = \frac{2}{T_s} \frac{z-1}{z+1}} = \frac{\left(\frac{2}{T_s} \frac{z-1}{z+1}\right)^2 + \omega_0^2}{\left(\frac{2}{T_s} \frac{z-1}{z+1}\right)^2 + 2\zeta\omega_0 \left(\frac{2}{T_s} \frac{z-1}{z+1}\right) + \omega_0^2}$$

$H(z_0) = 0$  בנקודה  $z_0$ .

למצוא את  $H(s)$  :

בזמן ש  $H(s) = 0$  נקבל  $s = j\omega_0$

ולכן קיים  $z$  כזה כי לכל  $s$  קיים  $z$

$$z_0 = \frac{1 + j\omega_0 \frac{T_s}{2}}{1 - j\omega_0 \frac{T_s}{2}} \Rightarrow |z_0| = 1 \Rightarrow z_0 = e^{j\theta}$$

המיקום של  $z_0$  על המעגל היחידה  
המיקום של  $z_0$  על המעגל היחידה  
המיקום של  $z_0$  על המעגל היחידה  
המיקום של  $z_0$  על המעגל היחידה  
המיקום של  $z_0$  על המעגל היחידה

בזמן ש  $\theta$  הוא הזווית שנקבעת לפי  $\omega_0$ .

כל מה שנקבע הוא הזווית  $\theta$  בנקודה  $z_0$ .

$$z_0 = \frac{1 + j\omega_0 \frac{T_s}{2}}{1 - j\omega_0 \frac{T_s}{2}} = \frac{1 + (j\omega_0 \frac{T_s}{2})^2 + j\omega_0 \frac{T_s}{2}}{1 - (j\omega_0 \frac{T_s}{2})^2 + j\omega_0 \frac{T_s}{2}}$$

כל מה שנקבע הוא הזווית  $\theta$  שנקבעת לפי  $\omega_0$ .

$$\arctan\left(\frac{\text{חלק מציפי}}{\text{חלק ממשי}}$$

$$\theta_0 = \arctan\left[\frac{\omega_0 T_s}{1 - \left(\frac{\omega_0 T_s}{2}\right)^2}\right]$$

הזווית  $\theta_0 = \omega_0 T_s$  : הזווית שנקבעת לפי  $\omega_0$ .



$$\tan(\theta_0) = \frac{W_0 T_s}{1 - \left(\frac{W_0 T_s}{2}\right)^2}$$

$$W_0 T_s = \frac{-2}{\tan \theta_0} \pm 2 \sqrt{\frac{1}{\tan^2(\theta_0)} + 1}$$

$$\therefore \text{Find } H(z) \text{ using } W_0 T_s$$

$$H(z) = \frac{4 - 8z^{-1} + 4z^{-2} + (W_0 T_s)^2 (1 + 2z^{-1} + z^{-2})}{4 - 8z^{-1} + 4z^{-2} + 4 \{ W_0 T_s - 4 \} W_0 T_s z^{-1} + (W_0 T_s)^2 (1 + 2z^{-1} + z^{-2})}$$

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{[4 + (W_0 T_s)^2] z^{-2} + [2(W_0 T_s)^2 - 8] z^{-1} + [(W_0 T_s)^2 + 4] z^0}{[4 + 4 \{ W_0 T_s - 4 \} W_0 T_s + (W_0 T_s)^2] z^{-2} + [2(W_0 T_s)^2 - 8] z^{-1} + [(W_0 T_s)^2 + 4 \{ W_0 T_s - 4 \}] z^0}$$

$$\therefore \text{Find}$$

$$b_2 = 4 + (W_0 T_s)^2$$

$$b_1 = 2(W_0 T_s)^2 - 8$$

$$b_0 = (W_0 T_s)^2 + 4$$

$$a_2 = (W_0 T_s)^2 + 4 \{ W_0 T_s - 4 \}$$

$$a_1 = 2(W_0 T_s)^2 - 8$$

$$a_0 = (W_0 T_s)^2 + 4 \{ W_0 T_s - 4 \}$$

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{b_2 z^{-2} + b_1 z^{-1} + b_0}{a_2 z^{-2} + a_1 z^{-1} + a_0}$$

$$X(z) [b_2 z^{-2} + b_1 z^{-1} + b_0] = Y(z) [a_2 z^{-2} + a_1 z^{-1} + a_0]$$

$$Y[n] = \frac{b_2 X[n-2] + b_1 X[n-1] + b_0 X[n] - a_2 Y[n-2] - a_1 Y[n-1]}{a_0}$$

g) כל מה שנותר הוא לכתוב פונקציה במתלב שתממש את כל הנוסחה מלמעלה:

```
function yn = notch( theta0,xn)

w0Ts=(-2)/(tan(theta0))+(2*(sqrt(1+(1/(power(tan(theta0),2))))));
zeda=0.1;
yn(1)=xn(1);
yn(2)=xn(2);
b2=4+power(w0Ts,2);
b1=2*power(w0Ts,2)-8;
b0=b2;
a2=4-4*zeda*w0Ts+power(w0Ts,2);
a1=b1;
a0=power(w0Ts,2)+4*zeda*w0Ts+4;
for i=3:length(xn)
    yn(i)=(b2*xn(i-2)+b1*xn(i-1)+b0*xn(i)-a2*yn(i-2)-a1*yn(i-1))/a0;
end

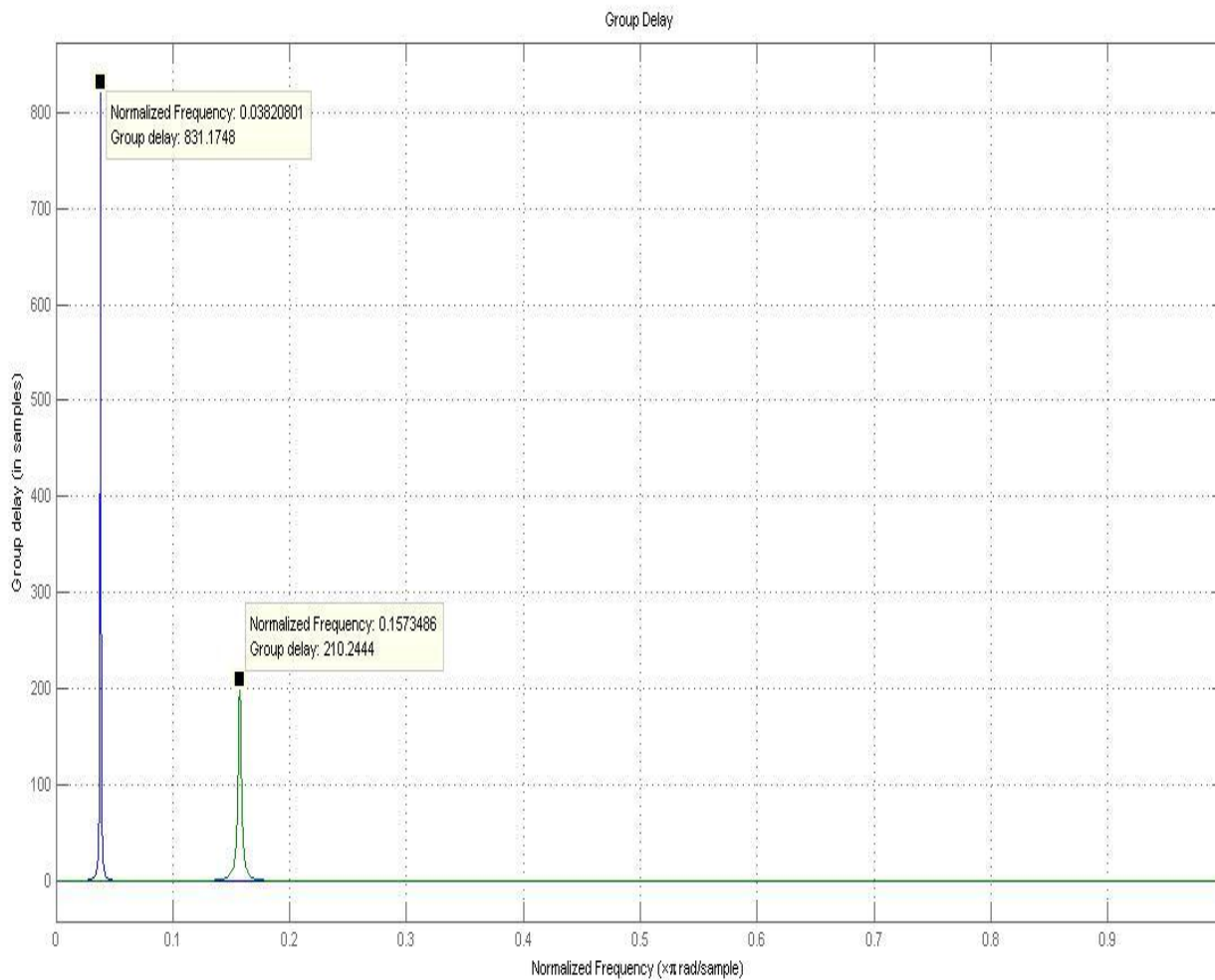
end
```

וב main נקרא לשיטה הזאת כך :

```
% ----- real time filter
y1=notch(thetaNoise1,y_noiseAdd);
y2=notch(thetaNoise2,y1);
```

אפשר לראות כי אנו משרשרים את המוצא של המסנן הראשון לשני ולכן יש לנו מסנן בזמן אמת .

i + h) נבצע fvtool לפונקציית התמסורת, ואז ע"י לחיצה על הכפתור המתאים ב fvtool נקבל את היחס של השיפוע של הפזה לעומת התדר, כפי שרואים בתמונה:



ואז נרשום במתלב את הפקודות הבאות כי אנו מקבלים כאן ערך מנורמל. הפקודות :

```
% then we see the Normalized-GD
Normalized_GD=831+210; %adding from 2 filters
real_GD = Normalized_GD/fs1;
disp(real_GD);
```

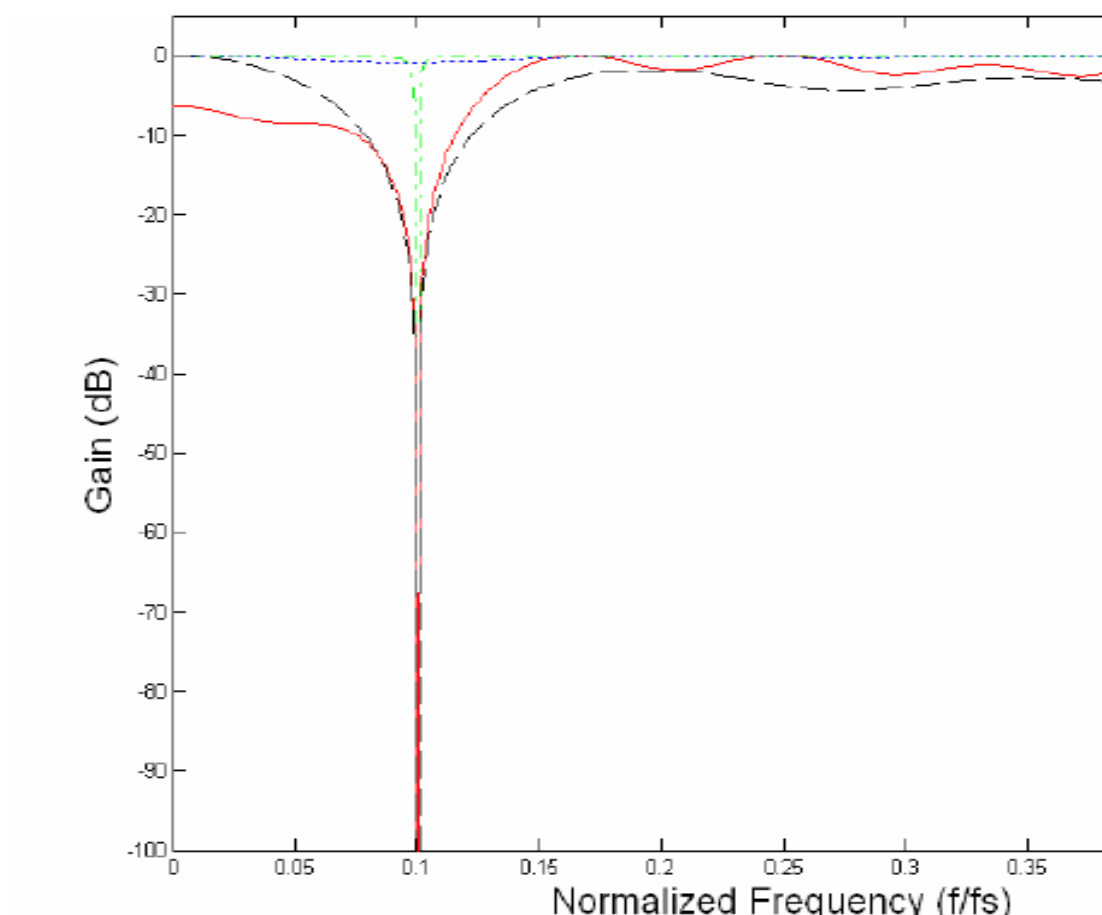
ונקבל את התוצאה : 0.0473 שניות, כפי שאפשר לראות מהיר מאד.



4) מסקנות : כשהיינו בשלבי התיכנון של המסנן תחילה פנינו לבניית מסנן FIR ובכל הרצה נאלצנו לחכות הרבה זמן , דבר שעיקב את כל העבודה וחשבנו שחייבת להיות דרך לייעל את כל התהליך , ואז פנינו לכיוון של מסנן IIR . מסנן מסוג IIR ממומש בדרך כלל במערכות זמן אמת והזמן ביצוע שלו טוב יותר , כפי שראינו זמן הביצוע הוא מהיר מאד. כמו כן רצינו להשיג סינון הכי טוב שאפשר כך שהפגיעה בשאר תדרי השיר תהיה מינימלית, ולכן ההחלטה הייתה מסנן notch.

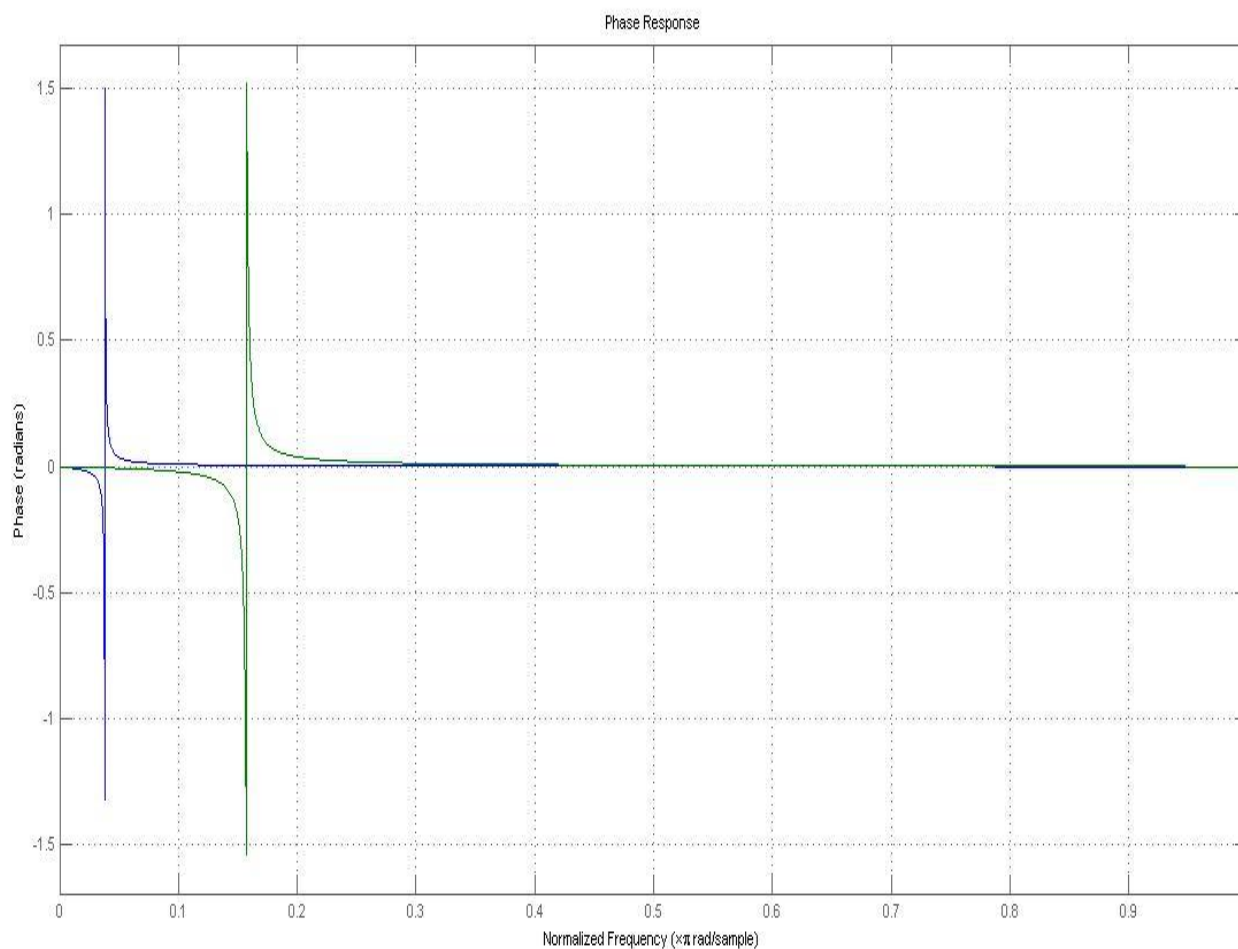
יש לנו בנוסחא של ה notch את הזיידה שהערך שלו יקבע את העקמומיות באיזור ההנחתה של המסנן , אם נצייר את ההשפעה , נקבל :

ככל שהזיידה קטנה כך ההנחתה תגדל אבל יהיו יותר עקמומיות .



אנו השתמשנו בערך 0.01 לאחר ניסויי ותהיה , ומצאנו שהוא מבצע את העבודה כנדרש.

במסגרת מסוג IIR יכול להיווצר עיוות פאזה כתוצאה מפאזה לא לינארית, נציג בתמונה ונתבונן בפאזה:



הפאזה כפי שרואים לא בדיוק לינארית, דבר היכול לעוות את האות (הנשמע) אבל אצלנו האות נשמע בסדר, ולעת עתה זה יספיק לנו , אם נרצה פאזה יותר לינארית נצטרך להגדיל את סדר המסנן.

כמו כן נציג את התוצאה הסופית האות המסונן הסופי הוא בצבע שחור :

